

ESTUDIO DE BORO APROVECHABLE EN ALGUNOS
SUELOS DEL DEPARTAMENTO DEL MAGDALENA

Por

ENRIQUE ORLANDO VEGA MENDEZ

Tesis de grado presentada como re-
quisito parcial para optar al título de :

INGENIERO AGRONOMO

Presidente de tesis :

JAIME CRISSIEN ESCORCIA

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DEL MAGDALENA

FACULTAD DE AGRONOMIA

SANTA MARTA

1981



~~Ex.~~
F16 - I.A.
*IA 00254

"Los jurados examinadores no seran responsables
de las ideas emitidas por el candidato. "



DEDICO :

A mi madre, quien con sus esfuerzos
logró llevarme a la culminación de
mis estudios.

Mi tía, Rosalba Díaz, quien con su
valiosa ayuda me llevó a lograr es-
te triunfo.

Mis familiares

Mi novia

Mis amigos

ENRIQUE ORLANDO

A G R A D E C I M I E N T O S

El autor expresa su sincero agradecimiento, a:

JAIME A. CRISSIEN E., I. A. M. S., Presidente de Tesis, por su acertada orientación en la realización de este estudio.

MANUEL GRANADOS N., I. A. M. S. Por su generosa colaboración.

MAXIMO GALLARDO. I. Q.

ELIECER CANCHANO. I. A.

NEOVIS DE LOPEZ. Curadora del Herbario

UNIVERSIDAD TECNOLÓGICA DEL MAGDALENA

Profesores, compañeros y Auxiliares de Laboratorio, y a todas aquellas personas quienes amablemente colaboraron en una u otra forma en la ejecución de éste trabajo.

CONTENIDO

	Pags.
INTRODUCCION	1
I. REVISION DE LITERATURA	2
1.1 Formas de boro en el suelo	2
1.2 Contenido de boro en el suelo	2
1.3 Factores que afectan las relaciones y disponibilidad de Boro en el suelo	3
1.3.1 Material parental	3
1.3.2 Clima	4
1.3.3 Interacciones de Boro con o- tros elementos	4
1.3.4 Materia orgánica	5
1.3.5 pH y nivel de cal	6
1.3.6 Hidroxidos de Hierro y Alumi- nio	7
1.3.7 Textura	7
1.4 Toxicidad de Boro	7
1.5 Agua de Riego	8
II. MATERIALES Y METODOS	9
2.1 Descripción física del área	9
2.1.1 Ubicación Geográfica	9
2.1.2 Fincas muestreadas	11
2.2 Toma y preparación de muestras	11
2.3 Análisis de Laboratorio	12
2.3.1 Análisis Químico	12
2.3.1.1 Determinación del Boro	12
2.3.1.2 Determinación de pH	12
2.3.1.3 Determinación de materia orgánica	13



	Pags.
III. RESULTADOS Y DISCUSION	19
IV. CONCLUSIONES	28
V. RESUMEN	30
VI. BIBLIOGRAFIA	<hr/> 32

INDICE DE LOS CUADROS

	Pags.
Cuadro 1. Valores de la materia orgánica (%) del ppm de boro en las fincas muestreadas y Universidad Tecnológica del Magdalena.	14
Cuadro 2. Valores promedio de la materia orgánica (%) del pH y ppm de Boro en las fincas muestreadas y Universidad Tecnológica del Magdalena	17

INDICE DE LAS FIGURAS

Pags.

Figura 1.	Correlación entre métodos	23
Figura 2.	Correlación entre el método del Fosfato de Calcio y M. O.	
Figura 3.	Correlación entre el método del agua-caliente y % de M. O.	25
Figura 4.	Correlación primer método con pH	26
Figura 5.	Correlación entre el segundo método y el pH	27

INTRODUCCION

Las plantas absorben generalmente del suelo y a través de las raíces , los elementos esenciales para su desarrollo. Dentro de esos elementos se encuentran los denominados "micronutrientes"; ellos son: hierro, magnesio, zinc, cobre, boro, molibdeno y cloro.

Estos elementos se encuentran en las plantas en pequeñas cantidades y desempeñan funciones fisiológicas importantes haciendo posible una serie de reacciones del metabolismo integral (3).

Wittein y Apoiger, fueron los primeros en encontrar huellas de boro en las plantas, sin embargo, Cook y Wilson fueron los primeros que determinaron el contenido de boro en el suelo (22, 10).

A pesar de que la esencialidad del Boro fue demostrada desde 1926 por Sommer y Lipman, no se sabe aún mucho sobre sus funciones en la vida vegetal (4).

En razón de la serie de antecedentes antes anotados en relación con este elemento, el presente trabajo tuvo como objetivo determinar la cantidad de Boro aprovechable que hay en algunos suelos de la Zona Bananera del Magdalena sembrados con arroz, banano, cacao y palma africana y la Granja de la Universidad Tecnológica del Magdalena, y la relación existente entre el pH y la materia orgánica con el contenido de Boro aprovechable que haya en esos suelos.

I. REVISION DE LITERATURA

1.1 FORMAS DE BORO EN EL SUELO

El boro total del suelo se puede dividir en formas inorgánicas y orgánicas (7). El boro inorgánico se encuentra: Disuelto en la solución del suelo como ácido bórico; en forma de boratos solubles, absorbido sobre la superficie de arcillas, óxidos e hidróxidos de hierro y aluminio; precipitado en compuestos de baja solubilidad en combinación con hierro, aluminio y calcio; como constituyente de mineral primario, principalmente turmalina. El boro orgánico se encuentra en forma de ésteres del ácido bórico con compuestos hidroxílicos que se originan en los procesos de transformación de la materia orgánica (5,9,2,3); en ésta forma no es posible para las plantas, para ello es necesario su mineralización, proceso que es poco conocido (9).

1.2 CONTENIDO DE BORO EN EL SUELO

El boro se halla en la mayor parte de los suelos en cantidades extremadamente pequeñas, generalmente de 20 a 200 ppm (28); siendo su contenido promedio en rocas ígneas básicas 10 ppm, en rocas ácidas 15 ppm y en rocas sedimentarias 12 ppm (20)

Según Berger (2), el boro soluble puede variar entre 0,05 y 5 ppm en capas superficiales de regiones húmedas.



Rímoro, (26) encontró en los suelos de Costa Rica, valores entre 0,9 y 3,7 ppm de boro disponible.

En suelos de Valle del Cauca, Garavito (11), encontró un contenido de boro total alrededor de 15 ppm y de boro soluble en agua caliente menor de 0,3 ppm.

Según Jackson (17), el boro soluble en agua caliente puede variar de 0,2 a 1,5 ppm.

1.3 FACTORES QUE AFECTAN LAS RELACIONES Y DISPONIBILIDAD DE BORO EN EL SUELO

Según Ellis y Knezek (8) la disponibilidad de boro esta afectada tanto por los factores que favorecen su fijación como por aquellos relacionados con el material parental, clima, interacción con otros elementos, materia orgánica y textura del suelo. Las relaciones de boro con los constituyentes del suelo incluyen:

- 1) Absorción de iones, borato o moléculas de H_3Bo_3 ;
- 2) Precipitación de boratos insolubles de aluminio, hierro, silicio y calcio;
- 3) Formación de complejos con la materia orgánica;
- 4) Entrada de boro en la estructura de las arcillas.

1.3.1 MATERIAL PARENTAL

La principal fuente de boro en las regiones húmedas es la turmalina. Este mineral es muy duro, altamente refractario y resistente a la meteorización. Aunque parece que la disponibilidad de boro en el suelo está en una forma distinta a la turmalina, se ha encontrado que ha medida que éste mineral se descompone, el boro se hace disponible (2).

Algunos minerales que tienen grupos hidroxilados en su estructura, como la Biotita y los Anfíboles, pueden incorporar pequeñas cantidades de boro. En las rocas serpentínicas ultrabásicas se encuentran apreciables cantidades de boro. En las pizarras el boro puede presentarse como boratos de calcio y magnesio o en el complejo de hierro y aluminio (22)

1.3.2 CLIMA

Walker y otros, citado por Berger (1) observaron que la diferencia de boro era más severa donde el suelo se secaba más durante el año. Varios investigadores han encontrado efectos positivos del secamiento del suelo en la retención de boro.

Park obtuvo variaciones hasta de 100% de fijación al aumentar el número de ciclos de secado. Lo mismo encontró al aumentar la temperatura de secado.

Se cree que el secamiento favorece la sustitución de boro por el aluminio en la estructura de aluminio-silicatos (24).

Por otra parte, la sequía disminuye la mineralización de la materia orgánica y por lo tanto el suministro de boro y las raíces de las plantas exploran los horizontes inferiores del perfil donde el boro disponible es bajo (2).

1.3.3 INTERACCIONES DE BORO CON OTROS ELEMENTOS

Para un desarrollo normal de la planta de existir dentro de ella un balance adecuado $Ca : B$ y $K : B$. Este

balance depende de la especie de planta, pero en general una relación Ca: B adecuada está en el intervalo de 80: 1 - 1.200 : 1.

Por su parte la relación K: B es de 25: 1 - 250 : 1 (18,1)

Reeve y Chiva (25) demostraron que la rata de absorción y acumulación de boro sube en la planta con el aumento de potasio en el sustrato.

Según Olarte y otros (22), las relaciones entre el boro y los nutrientes amínicos no han sido estudiados tanto como en el caso del calcio y el potasio.

Algunos autores aseguran que el boro produce reacciones de sustitución en los complejos de aluminio-silicatos, formando precipitados y que éstos son mayores al aumentar el pH y el contenido de ion de calcio en los suelos; también ocurre lo mismo cuando se produce disminución de la humedad (9)

1.3.4 MATERIA ORGANICA

El boro disponible en el suelo se encuentra principalmente asociado a la materia orgánica. Por ésta razón los contenidos son mayores en los horizontes superficiales. Suelos con un pH menor de 7,3 y de adecuada materia orgánica contienen generalmente suficiente boro disponible, mientras que en los suelos con menos de 2% de materia orgánica y altos en carbonatos de calcio los contenidos son invariablemente bajos (1).

Como regla general, la deficiencia de boro es menos

prevalente en los suelos que tienen un alto contenido de materia orgánica.

1.3.5 pH Y NIVEL DE CAL

Fassbender (9), dice que el boro muestra una disponibilidad inversa al pH; al aumentar el pH disminuye la disponibilidad del boro con el peligro de presentarse deficiencia.

Según Hodson (15), la fijación de boro llevada a cabo tanto por hidróxidos de hierro y aluminio como por las arcillas, aumenta con el pH, presentándose un máximo aproximadamente entre pH 8 y 9 y en mínima a pH cercano a 5.

Según Frear (10), al activar a la materia orgánica por cal, ésta adquiere una capacidad elevada de fijación de boro.

- * La relación entre el pH, calcio disponible y el estado del boro de un suelo no es bien conocida. Ha sido demostrado sin embargo, que los síntomas de la deficiencia en boro están asociados con altos valores de pH y que el consumo de boro por las plantas se reduce si se incrementa el pH del suelo (28).

Guerrero et al (12), demostraron que los suelos del altiplano de Pasto, sometidos a cultivos intensivos con frecuentes aplicaciones de cal, presentaban una baja disponibilidad de boro (extraído con agua caliente), en comparación a los suelos bajo pradera, resultado que estaba asociado a una relación inversa entre la disponibilidad de boro y la saturación

de Ca en el suelo.

1.3.6. HIDROXIDOS DE HIERRO Y ALUMINIO

La fijación de boro se debe a los óxidos e hidróxidos de hierro y aluminio. Los mecanismos de la reacción no son bien conocidos; es posible que se deba a intercambio aniónico, absorción de moléculas de ácido bórico y a enlaces de hidrógeno (27, 14).

1.3.7 TEXTURA

Se ha hallado en general que los suelos de textura gruesa, bien drenados y arenosos, son pobres en boro. Se acumula a profundidad de 12 a 36 pulgadas en éstos suelos (28)

Las arcillas con estructura micácea, como vermiculita, tienen mayor habilidad para fijar boro, siendo en general vermiculita > caolinita > montmorillonita (9).

Wear y Patterson (29), probaron que las plantas toman mucha más cantidad de boro en suelos arenosos que en suelos de textura fina, habiendo iguales concentraciones de boro hidrosoluble en el suelo.

1.4 TOXICIDAD DEL BORO

La toxicidad de boro puede llegar a ser un problema más grave que la deficiencia. Podría haber toxicidad en los siguientes casos: a) Suelos de regiones áridas o semiáridas que reciben aguas de drenaje provenientes de sedimentos marinos ricos en boro. b) Suelos regados con agua con más de 0,5 ppm de boro. c) Suelos altamente fertilizados con boro (13).

1.5 AGUA DE RIEGO

Según Eaton (7), existe un equilibrio entre el boro disuelto y el insoluble de los suelos; por el uso de las aguas de irrigación que tengan concentraciones similares de boro se acentúa la concentración del elemento en el suelo.

El mismo autor dice que el exceso de boro en el suelo no se remueve tan fácilmente por lixiviación con agua, como ocurre en los cloruros y sulfatos. Este comportamiento del boro obedece a tres mecanismos posibles:

- a) Intercambio aniónico
- b) Precipitación Química
- c) Absorción molecular como ácido bórico.

II. MATERIALES Y METODOS

2.1 DESCRIPCION FISICA DEL AREA

Los suelos seleccionados para el presente estudio pertenecen al departamento del Magdalena, al noroeste de Colombia, localizados en la Zona Bananera y Granja de la Universidad Tecnológica del Magdalena.

2.1.1 UBICACION GEOGRAFICA

La zona Bananera del Magdalena está localizada al norte-oeste del departamento del Magdalena entre el litoral Atlántico y el Río Fundación. Limita, por el Norte, con la quebrada de El Doctor; por el Sur, con el río Fundación; por el Este, con las primeras estratificaciones de la Sierra Nevada de Santa Marta; y por el Oeste, con los terrenos de la Ciénaga Grande (3).

Cartográficamente esta zona se encuentra ubicada de la siguiente manera:

Longitud Oeste :	74°	07'
	74°	24'
Longitud Norte :	11°	01'
	10°	22'

De acuerdo al Instituto Geográfico Agustín Codazzi (16), los suelos son formados por aluviones, con granulometría bastante variable y con buena retención de humedad;

la composición mineralógica presenta materiales derivados de rocas metamórficas de la Sierra Nevada de Santa Marta. Entre los materiales livianos se encuentran el cuarzo, plagioclasea y muscovita.

Entre los pesados, Biotita, epidota y horblenda. Entre las arcillas predominan la Illita y la caolinita, también se halla vermiculita y cantidades pequeñas de geotita. El relieve plano con pendiente entre 0,1 y 3% con leves ondulaciones debidas a caños poco profundos que atraviezan los planos.

La granja de la Universidad Tecnológica del Magdalena se encuentra localizadas en el municipio de Santa Marta, departamento del Magdalena a unos tres kilómetros al suroeste del centro de la ciudad, tiene una altura promedio de 10 m.s.n.m., con una temperatura de 28,6° C.

Los límites de la Granja son: Por el norte; el río Manzanares. Por el Sur, con la Carretera Troncal del Caribe; por el Este, con los terrenos de la Secretaría de Fomento del Departamento del Magdalena y por el Oeste, con una propiedad particular.

Cartográficamente la Granja se encuentra ubicada de la siguiente manera:

Longitud Este : 74° 07'

74° 12'

Longitud Norte : 11° 11'

11° 15'



2.1.2 FINCAS MUESTREADAS

En la Zona Bananera del Magdalena se muestrearon 13 fincas con cultivos establecidos de Banano, Cacao, Palma Africana y Arroz, ubicadas como se detalla a continuación:

FINCAS	UBICACION	CULTIVO
Bananera Manantial	Ciénaga	Banano
Alicia I	Rio Frío	Banano
María Luisa	Orihueca	Banano
Torino	Rio Frío	Cacao
El Tabú	Rio Frío	Cacao
La Florida	Rio Frío	Cacao
Palmares de Andalucía	Aracataca	Palma Africana
El Cacao	Aracataca	Palma Africana
Patía II	El Retén	Palma Africana
La Borda	Aracataca	Arroz
La Granja	El Retén	Arroz
Los Cocos	Aracataca	Arroz
Patía III	El Retén	Arroz

En la Granja de la Universidad Tecnológica del Magdalena, el muestreo se hizo en los suelos con cultivos establecidos de banano, maíz, sorgo y algodón.

2.2 TOMA Y PREPARACION DE MUESTRAS

Se tomaron muestras de suelo en cada una de las fincas que se citan en el texto, siguiendo lo aconsejado por el ICA, para el muestreo de suelo, en zig-zag,

Cada 100 m de distancia aproximadamente y a 20 cms de profundidad. Se utilizaron barrenos, palas y bolsas de plástico para tomar la muestra de suelo.

Se tomaron 15 submuestras, las cuales se homogenizaron para formar una muestra, la cual contenía 500 gramos aproximadamente de suelo.

Luego se secaron a la sombra sobre papel periódico, se tritularon con rodillo de madera, se pasaron por tamiz, se empacaron en bolsas de plástico y se guardaron para ulterior análisis.

2.3 ANALISIS DE LABORATORIO

2.3.1 ANALISIS QUIMICO

2.3.1.1 DETERMINACION DE BORO

Para la determinación de Boro se utilizaron dos métodos de extracción. Todas las determinaciones se hicieron utilizando material de vidrio Pyrex.

1. La técnica utilizada por el Laboratorio de suelos del Centro Agrícola Tropical de Investigación y enseñanza (CATIE) que utiliza fosfato de calcio como solución extractora y curumina en ácido acético (6).
2. El otro método utilizado fue el de Berger y Troug, citado por Olarte (23), boro soluble en agua caliente.

2.3.1.2 DETERMINACION DE PH

La determinación de pH se hizo en la relación 1 : 2 utilizando un potenciómetro con electrodos de vidrio

3.3.1.3 Determinación de materia orgánica

La determinación de la materia orgánica se hizo por el método de Walkley y Black (16).

CUADRO 1. Valores de la Materia Orgánica (%), del pH ppm de boro en las Fincas muestreadas y Universidad Tecnológica del Magdalena.

FINCA	% M.O.	pH	ppm boro aprovechable	
			<u>1er. Méto</u> <u>do</u>	<u>2o. Método</u> <u>do</u>
Manantial (Banano)	1.72	6.6	1.66	5.20
	1.91	6.9	1.00	2.70
	1.53	6.8	1.00	3.14
	2.29	6.2	0.68	3.10
	2.68	6.6	1.66	5.20
Alicia I (Banano)	1.91	7.6	0.72	3.14
	2.68	7.3	0.70	3.14
	3.06	7.1	0.68	2.70
	1.53	7.5	0.68	2.10
	1.91	7.9	0.70	3.14
	2.68	7.8	0.82	5.00
María Luisa (Banano)	2.29	7.7	0.72	2.70
	3.44	7.8	0.65	1.70
	1.72	6.7	0.68	1.50
	1.53	6.7	0.70	1.70
	3.83	6.8	0.65	1.50
	1.91	6.4	0.65	1.00
	2.10	6.4	0.70	1.70
	1.91	6.8	0.65	1.50
	2.68	6.5	6.75	1.50
Torino (Cacao)	1.72	6.6	1.83	6.00
	1.72	6.3	1.41	3.14
	1.91	7.1	1.72	2.10

El Tabú	2.29	6.3	0.60	4.10
(Cacao)	1.72	6.3	0.70	3.60
La Florida	2.68	6.5	0.58	7.50
(Cacao)	2.68	6.7	0.68	4.50
	3.06	6.5	0.46	3.70
Palmares de				
Andalucía	1.91	5.6	0.83	4.50
(Palma afri-	2.29	5.4	0.92	2.10
cana)	1.53	5.3	0.68	5.10
	2.49	5.9	0.71	2.70
	2.10	6.2	0.93	1.70
	1.53	6.1	0.77	2.10
	2.29	5.8	0.70	3.70
El Cacao	1.91	6.1	0.83	3.70
	2.10	6.0	0.68	1.70
	2.29	5.9	0.72	3.14
Patía II	2.29	6.5	0.50	2.10
(Palma afri-	2.10	6.6	0.40	2.10
cana)				
La Granja	1.53	6.5	0.55	4.10
(Arroz)	1.91	6.6	0.47	2.70
Patía III	1.14	6.0	0.50	2.70
	1.91	6.1	0.62	4.50
La Borda	2.49	6.2	0.62	6.60
	1.72	7.7	0.60	3.14
	1.91	6.7	0.72	2.10
	1.91	6.9	0.45	2.70
	2.10	7.3	0.55	7.00

U. T. M.

2.29

7.6

1.66

5.20

CUADRO 2. Valores promedios de la materia orgánica (%), del pH y ppm de Boro en las Fincas muestreadas Universidad Tecnológica del Magdalena.

Finca	\bar{X} % M.O.	\bar{X} pH	\bar{X} ppm de Boro aprovechable	
			<u>1er. método</u>	<u>2o. método</u>
Manantial (Banano)	2,02	6,6	1.20	3.86
Alicia I (Banano)	2,29	7,5	0,71	3.20
María Luisa (Banano)	2,37	6,8	0.68	1.64
Torino (Cacao)	1,78	6,6	1.65	3.74
El Tabú (Cacao)	2,00	6,3	0,65	3.85
La Florida (Cacao)	2,80	6,5	0.57	0.20
Palmares de Andalucía (Palma Africana)	2,2	5,7	0.79	3.12
El Cacao (Palma Africana)	2,10	6,0	0.74	2.84
Patía II	2,19	6,5	0.45	2.10

(Palma Africana)	2,19	6,5	0.45	2.10
La Granja (Arroz)	1,72	6,5	0.51	3.40
Patía III (Arroz)	1,52	6.0	0.56	3.60
La Borda (Arroz)	2,02	6,9	0.58	4.30
U.T.M.	2.29	7.6	1.66	5.20

III. RESULTADOS Y DISCUSION

Los resultados obtenidos en el presente estudio se pueden observar en el Cuadro 1 y 2 y en las Figuras 1 al 5.

El valor más alto obtenido en los suelos estudiados fue el de 1.83 ppm, con el método de Fosfato de Calcio, en la Finca Torino, la cual esta sembrada con cacao y el menor valor fue de 0,40 ppm, en la Finca Patía II, la cual esta sembrada con Palma Africana, siendo el valor promedio 0,82 ppm, de boro disponible.

Con el método del agua caliente el valor más alto encontrado fue de 7,5 ppm, en la finca La Florida, sembrada con cacao y el menor valor fue de 1,5 ppm, en la finca María Luisa, sembrada con banano, siendo el valor promedio de 3,54 ppm de boro aprovechable.

Como se puede observar, el método que mayor cantidad de boro extrajo fue el del agua caliente.

Al hacer la correlación entre los dos métodos utilizados se encontró que no hubo una significancia, como se puede observar en la figura 1, ya que el coeficiente de correlación es $r = 0,245$.

En la correlación de la materia orgánica y los contenidos encontrados por los métodos, se observó que tampoco hubo una significancia, como lo demuestran las figuras 2 y 3, los coeficientes de correlación son $r = 0,109$ y $r = 0,048$. Se puede observar que a medida que aumenta la materia orgánica

nica baja el contenido de boro, ésto puede ser debido a lo dicho por Frear (8) que la fijación del Boro asimilable es una función de la materia orgánica del suelo, que adquiere una capacidad elevada de fijación de Boro cuando es activada por cal.

Se puede observar en las figuras 2 y 3, que la tendencia para ambos métodos es igual.

En cuanto a la correlación del pH con los métodos, se puede observar que las Figuras 4 y 5, hay una no significación, ya que los coeficientes de correlación son $r = 0,089$ y $R = 0,000143$.

Según lo dicho por Fassbender (9), al aumentar el pH disminuye el contenido de Boro en los suelos, pero sin embargo, se puede observar en la Figura 4, que cuando el pH pasa de 7, el contenido de boro aumenta, ésto puede deberse a lo dicho por Tisdale (28) que la relación entre el pH y el Boro de un suelo no es bien conocida; se ha encontrado que los altos valores de pH están asociados con síntomas de deficiencia de Boro, ya que las plantas reducen el consumo de boro si se incrementa el pH del suelo, pero no se ha demostrado dicha relación con el contenido de Boro de un suelo.

Al comparar los contenidos de boro aprovechables por los dos métodos utilizados se encontró que la diferencia entre los valores fue bastante marcada. El método del agua caliente es el más utilizado para extraer boro, sin embargo los valores hallados en éste estudio están muy por encima de los valores encontrados por otros investigadores trabajando en otros suelos.

Es posible que éstos valores altos hallados en ésta determinación se deba a altas concentraciones de éste elemento

en las aguas de irrigación en éstos suelos, o puede deberse también al uso continuo de fertilizantes con alto porcentaje de boro, o también a lo dicho por Berger (1), que suelos con pH menor de 7,3 y adecuada materia orgánica mas del 2% contienen generalmente suficiente Boro disponible, y según el Cuadro 2, el pH promedio de éstos suelos está por debajo del 7,3 y el contenido promedio de materia orgánica es mayor de 2%.

En cuanto al otro método de Fosfato de Calcio como solución extractora, resultó ser un método que extrajo menor cantidad de Boro que el anterior, sin embargo se aproximó mucho a lo dicho por Garavito (11), que este método se puede considerar optimó cuando el número contenido necesario de Boro es de 0.5 pp.

Con base a los resultados obtenidos se puede decir que el método del agua caliente fue el que mayor cantidad de boro extrajo, pero no se podría asegurar que sea el mejor para extraer boro aprovechable, ya que los valores obtenidos fueron mayores a los encontrados por otros investigadores y en cuanto al del Fosfato de Calcio como solución extractora, a pesar de acercarse a lo dicho por Garavito (11), no podrá decirse que es el de mayor confiabilidad para extraer boro asimilable, sin antes hacer un estudio de biomasa, para así poder establecer cual de los dos métodos es de mayor confiabilidad. Por el momento recomendaría utilizar el del Fosfato de Calcio para análisis rápidos, ya que es un método de un procedimiento más sencillo.

También recomendaría determinar el contenido de boro total, así como analizar la calidad de las aguas de irrigación en estos suelos de la Zona Bananera y granja de la Universidad Tecnológica del Magdalena.

Estas recomendaciones podrían llevarnos a datos más confiables, para posteriores estudios de boro asimilable y también para la utilización o no de fertilizantes que contengan boro.



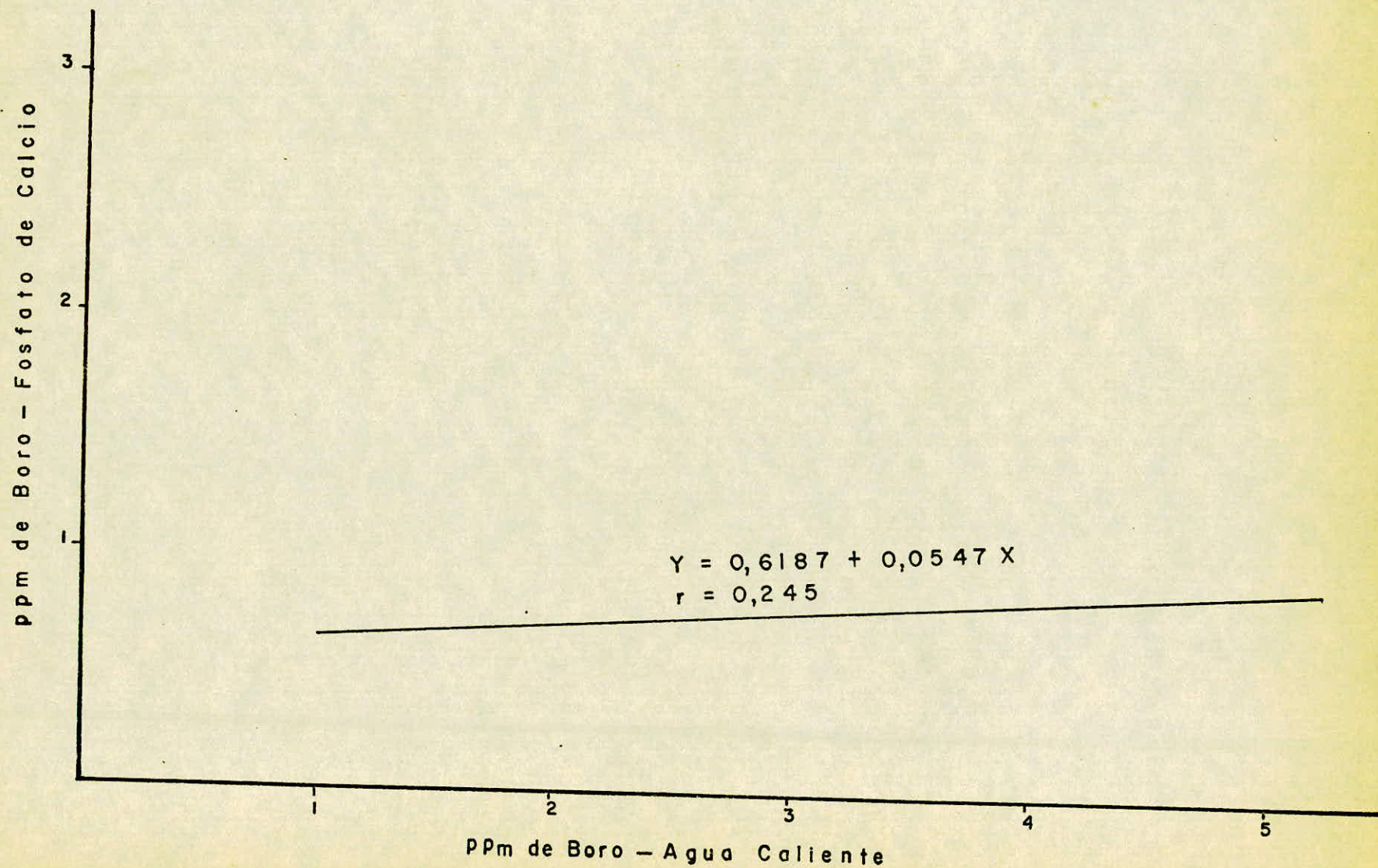


FIGURA 1 CORRELACION ENTRE METODOS

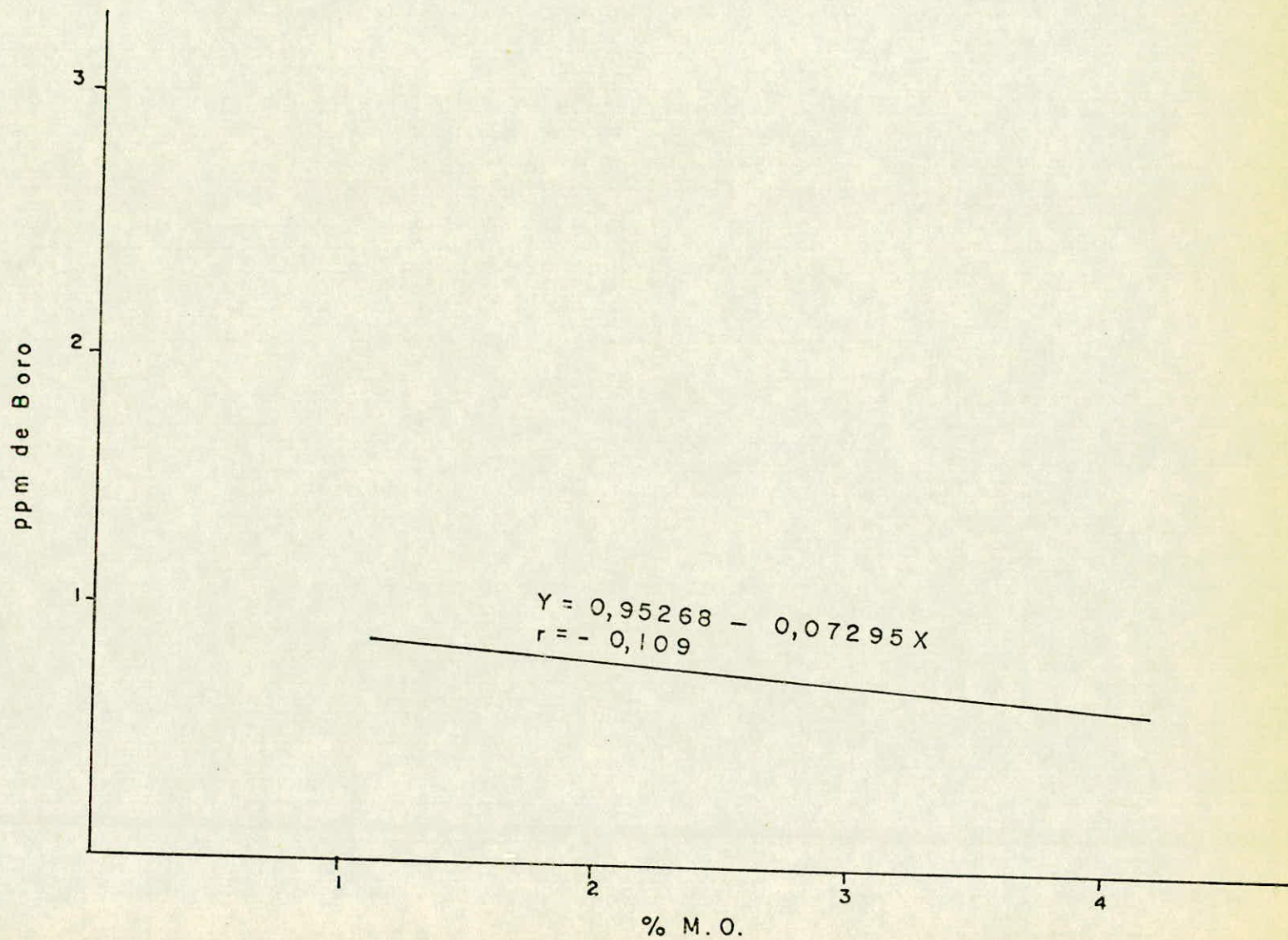


FIGURA 2 CORRELACION ENTRE PRIMER METODO Y M.O.

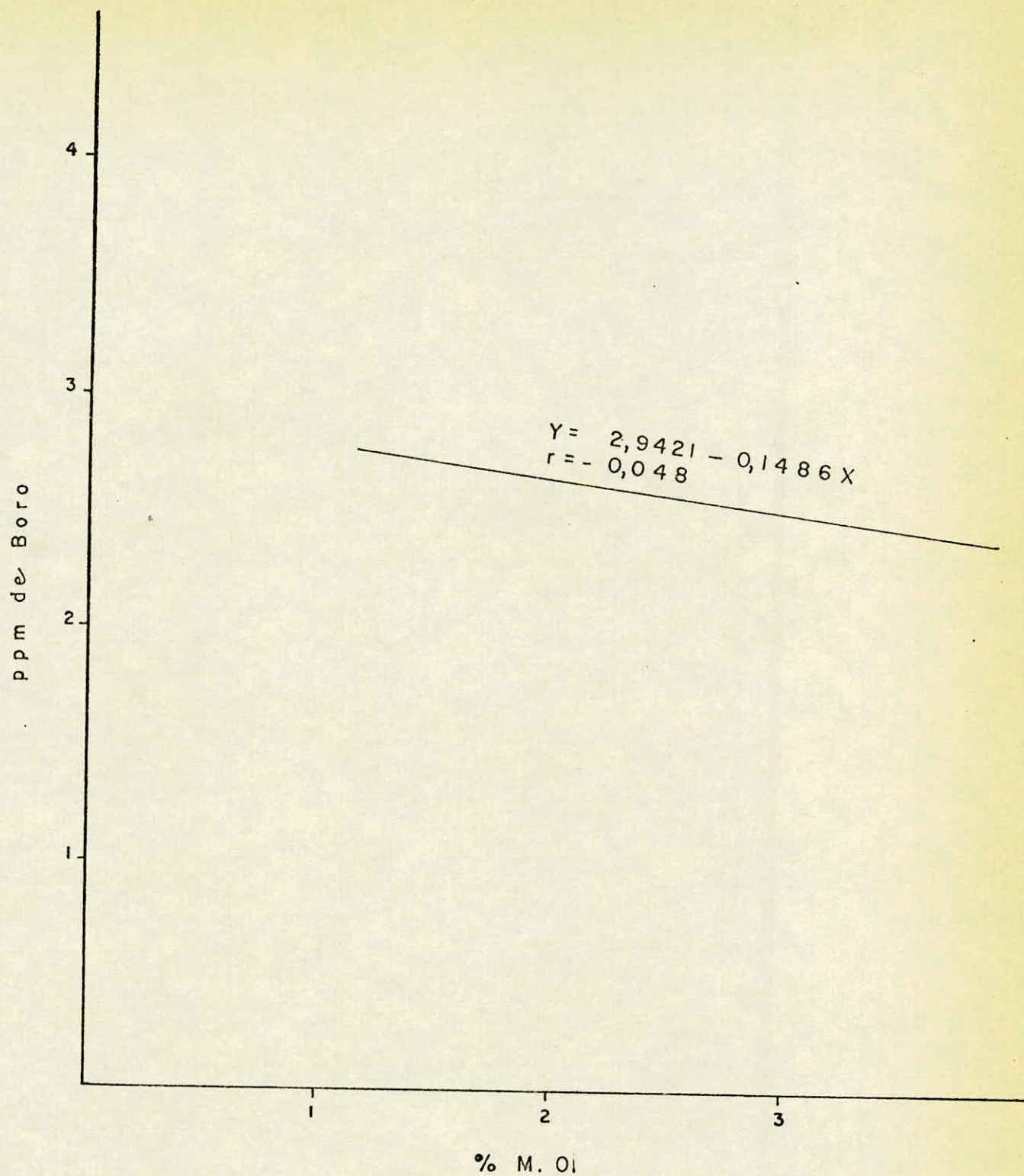


FIGURA 3 CORRELACION ENTRE EL SEGUNDO METODO Y % DE M.O.

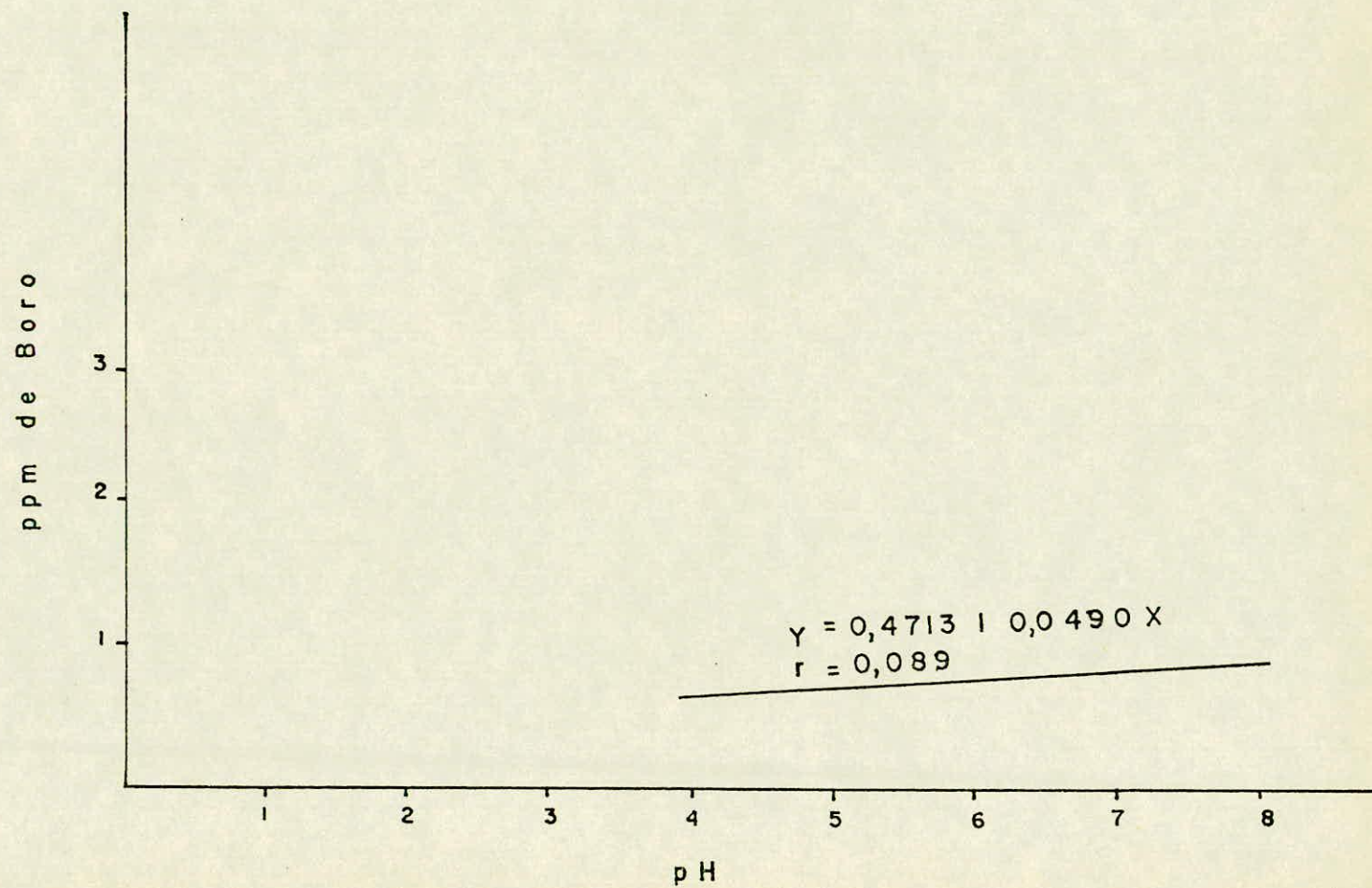


FIGURA 4 CORRELACION PRIMER METODO CON pH

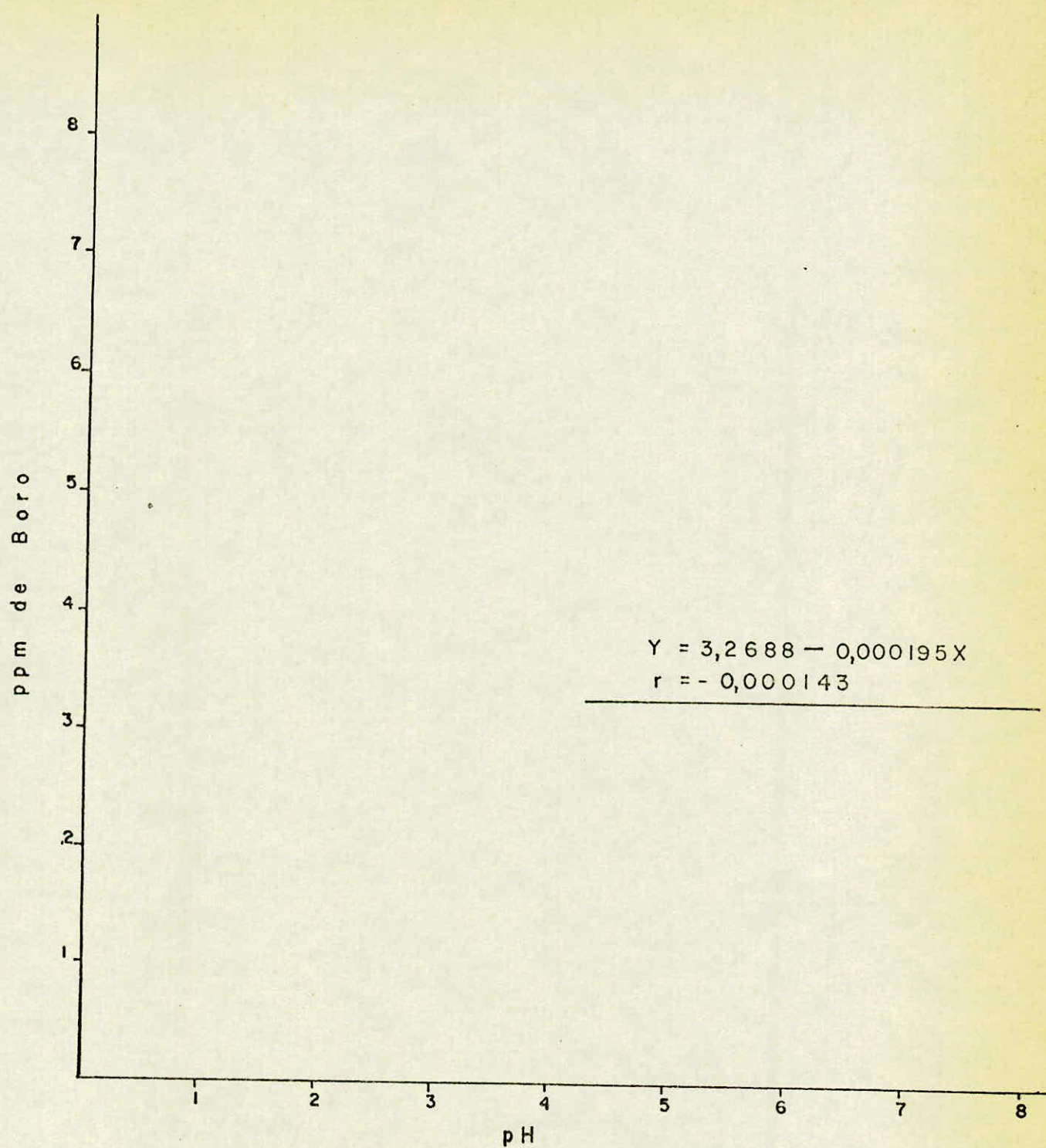


FIGURA 5 CORRELACION ENTRE EL SEGUNDO METODO Y EL pH.

IV. CONCLUSIONES

Después de realizado el trabajo del Boro aprovechable en algunos suelos del Departamento del Magdalena, se llegó a las siguientes conclusiones:

1. El contenido del boro aprovechable hallado no tuvo significación con el pH en los suelos estudiados. El valor más alto del boro aprovechable encontrado, fue de 7,5 ppm con el método del agua caliente. Con el método del Fosfato de Calcio el valor más alto fue 1,83 ppm y el más bajo 0,40 ppm.
2. El contenido de materia orgánica también tuvo una baja significación con el contenido de boro en éstos suelos.
3. El valor promedio de boro aprovechable, según el método del agua caliente fue de 3,54 ppm y 0,82 ppm con el método del Fosfato de Calcio.
4. Las correlaciones entre los dos métodos utilizados, no tuvo significación.
5. El valor más alto de boro aprovechable se encontró en la finca La Florida y el menor valor, en la finca María Luisa, con el método del agua caliente y con el método del Fosfato de Calcio el valor más alto encontrado fue en la finca Torino y el valor más bajo en la finca Patía II.

6. El método que mayor cantidad de Boro extrajo fue el del agua caliente.
7. Los contenidos de Boro aprovechable hallados en los suelos estudiados con el método del agua caliente están por encima de valores obtenidos por otros investigadores trabajando en otros suelos.
8. El promedio de Boro aprovechable para la Zona Bananera fue de 3,4 ppm (Agua caliente) y 0,75 ppm (Fosfato de Calcio). En la Universidad Tecnológica del Magdalena fue de 1,66 ppm (Fosfato de Calcio) y 5,20 ppm (Agua caliente).

V. RESUMEN

El presente trabajo se realizó en algunos suelos del Departamento del Magdalena (Colombia) para determinar el contenido de Boro aprovechable y establecer algunas relaciones entre el contenido de este elemento y otras características como (pH y % M. O).

Los suelos estudiados pertenecen a la Zona Bananera y Granja de la Universidad Tecnológica del Magdalena. Se tomaron muestras de suelo bajo cultivos de banano, arroz, palma africana, y cacao, siguiendo la técnica aconsejada por el I. C.A. para el muestreo de suelos.

La determinación del Boro aprovechable se efectuó utilizando dos métodos de extracción, el primero fue la técnica utilizada por el Laboratorio de Suelos del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza (CATIE), que utiliza Fosfato de Calcio como solución extractora y Curcomina en ácido acético (6).

El otro método fue el de Berger y Troug, citado por Garavito (11), boro soluble en agua caliente.

El pH se determinó por el método del Potenciómetro con electrodos de vidrio en relación 1:2.

El % de materia orgánica se determinó por el método de Walkley - Black (16).

Además se correlacionaron los métodos utilizados entre sí y con el pH y % de M.O.

Se encontró un contenido de Boro aprovechable de 0,4 a 1,83 ppm, con el método del Fosfato de Calcio y 1,5 a 7,5 ppm, con el método del agua caliente.

BIBLIOGRAFIA

1. BERGER , K. C. and TROUG, E. Boron Availability in relation to soil reaction and organic matter content; Soil Science American Proceedings. 10: 113-116, 1945.
2. ———. Boron in soils and crop; Advances in Agronomy. 1: 321-351. 1949.
3. CRISSIEN, E. J., DIAZ, J. A. y RETAT, D. G. Determinación del Boro y Zinc total en algunos suelos de la Zona Bananera, pisos altitudinales de la Sierra Nevada y Suelos de la Universidad Tecnológica del Magdalena. 1975. 85p.
4. CHAPMAN, H. D. Zinc In : Diagnostic Criteria for plants and soils. University of California. División of Agriculture. Sciences. pp484-499, 1966.
5. CHAVERRA, G. H. e Ibarra, A. Generalidades del Clima en Colombia. Bogotá. Universidad Nacional. I.C.A. 1971
6. DIAZ ROMEN, R. y HUNTER, A. Metodología de Muestreo de Suelos, Análisis químico de suelo y tejido vegetal e investigación en invernadero. Proyecto Centro Americano de Fertilidad de Suelos. Turrialba, Costa Rica. CATLE, 1978. 62p
7. EATON FRANK. M. Boron in Soils and irrigation water and its effect on plant with particular reference to the San Joaquín Valley of California. U. S. Dept. Agr.
8. ELLIS, B. G. and KNEZEK, B. D. Adsorption Reactions of Micronutrients in Soils, In Micronutrients in Agriculture. Madison, wisconsin, Soil Science Society of América, 1972, pp 59-75
9. FASSBENDER, H. W. Química de Suelos. Turrialba. Costa Rica, IICA, 1975. pp362-365.
10. FREAR, DONALD. E. H. Tratado de Química Agrícola. Trd. Adolfo Rancaño. Salvat. Barcelona. 1956. 693p.
11. GARAVITO, N. F. Propiedades del suelo en relación con deficiencia de boro en el Valle del Cauca. Tesis M. Sc. Bogotá. Programa de Estudios para Graduados en Ciencias Agrícolas. UN - I.C.A., 96 p



12. GUERRERO RIASCO, R. DAVILA, A y TORRES, C. Efectos del uso del suelo sobre algunos indicadores de fertilidad en dos subordenes (Andept y Tropept) del Altiplano de Pasto. Colombia 11: Disponibilidad de Cu, Zn, Fe y B. Anales de Edafología (España). En Prensa.
13. GORDON, R. B. Boron, In : Diagnostic criteria for plants and soils. University of California. División of Agricultural Science. 1966 pp 33-61
14. HINGTON, F. J. Reaction between boron and clays Aust. J. Soil. Res. 2:83-95. 1964
15. HODSON, J. Chemistry of the micronutrient elements in Soils. Advances in Agronomy. 1963. 15:119-159
16. INSTITUTO GEOGRAFICO AGUSTIN CODAZZI. Departamento Agrológico. Estudios detallados de suelos del sector plano del municipio de Ciénaga, para fines agrícolas, Bogotá. 1969. 33p 5 (1)
17. JACKSON, M. L. Análisis Químico de Suelos. Traducido por José Beltrán 2a. ed. Barcelona, Omega, 1970 662p.
18. JONES, H. E. and SCARSETH, G. D. The Calcium Boron balance in plant as related to boron needs. Soils Science. 57 : 15-24. 1944
19. LOPEZ JURADO, G. Funciones de algunos microelementos en las plantas. Suelos Ecuatoriales. Bogotá, 9 (2): 141-148, Dic. 1978
20. LOS CULTIVOS COBRAN VIDA CON APLICACIONES DE ELEMENTOS TRAZA. La Hacienda, 66 (8): 12. 1971
21. MARSCH, R. P. and SHIVE, J. W. Boron as a factor in the calcium metabolism of the corn plant. Soil Science. 51: 141-151. 1941
22. OLARTE LUIS I. MOTTA, S. BEATRIZ. Deficiencia de Boro en algunos suelos del Vallle del Cauca. Departamento Agrológico, Instituto Geográfico "Agustín Codazzi" Bogotá. 1961. 27p (publicación it-
lo)
23. ———, Métodos Analíticos del Laboratorio de Suelos. Ed. 4a. Instituto Geográfico "Agustín Codazzi" Bogotá, D. E. 1979 664p

24. PARKS, R. Q. and SHAW, B. Possible mechanisms of boron fixation in soil. I. Chemical Soil Science Society American Proceeding 6:219-223. 1942
25. REEVE, E. and SHIVE, J. W. Potassium- Boron and Calcium-boron relationships in plant nutritiam, Soil Science 57 (1) : 1-14. 1944
26. RIMOLD, L. A. Efecto del encalado sobre la disponibilidad y adsorsión de boro en seis suelos de Costa Rica. Tesis Ing. Agr. San José, Universidad de Costa Rica, Facultad de Agronomía, 1970, 44p.
27. SIMS, J. R. Retention of Boron by layer silicates, sesquioxides, and soil materials: II Sesquioxides. Soil Science Society American Proceedings 32:364-396. 1968
28. TISDALE, S. L. y W. L. NELSON. Fertilidad de los Suelos y Fertilizantes. Barcelona. Montanery Simón. 1970. pp310-382
29. WEAR, J. I. y R. M. PATTERSON: Effect of soil pH and texture on the availability of water- soluble boron in the soil SSSA Proc., 26 : 344 -345. 1961